

LO et al
December 5, 2003
135113, LLP
3313-1073P
lot 1

中華民國經濟部智慧財產局

INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE
MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS
REPUBLIC OF CHINA

茲證明所附文件，係本局存檔中原申請案的副本，正確無訛，
其申請資料如下：

This is to certify that annexed is a true copy from the records of this
office of the application as originally filed which is identified hereunder:

申請 日：西元 2003 年 08 月 20 日
Application Date

申請 案 號：092122853
Application No.

申請 人：財團法人工業技術研究院
Applicant(s)

局 長
Director General

蔡 練 生

發文日期：西元 2003 年 10 月 13 日
Issue Date

發文字號：09221028710
Serial No.

| | |
|-------|-------|
| 申請日期： | IPC分類 |
| 申請案號： | |

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

| | | |
|--------------------|-----------------------|--|
| 一、 發明名稱 | 中 文 | 奈米碳管電晶體之製造方法 |
| | 英 文 | |
| 二、 發明人 (共7人) | 姓 名 (中文) | 1. 駱伯遠 2. 江日舜 3. 魏拯華 |
| | 姓 名 (英文) | 1. 2. 3. |
| | 國 籍 (中英文) | 1. 中華民國 TW 2. 中華民國 TW 3. 中華民國 TW |
| | 住居所 (中 文) | 1. 新竹縣竹東鎮中興路四段195號 2. 新竹縣竹東鎮中興路四段195號 3. 新竹縣竹東鎮中興路四段195號 |
| | 住居所 (英 文) | 1. No. 195, Sec. 4, Chung-Hsing Rd., Chu-Tung, Hsinchu, Taiwan, R. O. C. 2. No. 195, Sec. 4, Chung-Hsing Rd., Chu-Tung, Hsinchu, Taiwan, R. O. C. |
| 三、 申請人 (共1人) | 名稱或 姓 名 (中文) | 1. 財團法人工業技術研究院 3. No. 195, Sec. 4, Chung-Hsing Rd., Chu-Tung, Hsinchu, Taiwan, R. O. C. |
| | 名稱或 姓 名 (英文) | 1. INDUSTRIAL TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE |
| | 國 籍 (中英文) | 1. 中華民國 TW |
| | 住居所 (營業所) (中 文) | 1. 新竹縣竹東鎮中興路四段195號 (本地址與前向貴局申請者相同) |
| | 住居所 (營業所) (英 文) | 1. No. 195, Sec. 4, Chung-Hsing Rd., Chu-Tung, Hsinchu, Taiwan, R. O. C. |
| | 代表人 (中文) | 1. 翁政義 |
| | 代表人 (英文) | 1. |

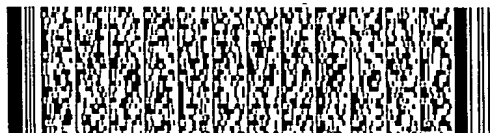


| | |
|-------|-------|
| 申請日期： | IPC分類 |
| 申請案號： | |

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

| | | |
|--------------------|-----------------------|--|
| 一、 發明名稱 | 中 文 | |
| | 英 文 | |
| 二、 發明人 (共7人) | 姓 名 (中文) | 4. 黃建良 5. 王宏祥 6. 賴明駿 |
| | 姓 名 (英文) | 4. 5. 6. |
| | 國 籍 (中英文) | 4. 中華民國 TW 5. 中華民國 TW 6. 中華民國 TW |
| | 住居所 (中 文) | 4. 新竹縣竹東鎮中興路四段195號 5. 新竹縣竹東鎮中興路四段195號 6. 新竹縣竹東鎮中興路四段195號 |
| | 住居所 (英 文) | 4. No. 195, Sec. 4, Chung-Hsing Rd., Chu-Tung, Hsinchu, Taiwan, R. O. C. 5. No. 195, Sec. 4, Chung-Hsing Rd., Chu-Tung, Hsinchu, Taiwan, R. O. C. |
| 三、 申請人 (共1人) | 名稱或 姓 名 (中文) | C. 6. No. 195, Sec. 4, Chung-Hsing Rd., Chu-Tung, Hsinchu, Taiwan, R. O. C. |
| | 名稱或 姓 名 (英文) | |
| | 國 籍 (中英文) | |
| | 住居所 (營業所) (中 文) | |
| | 住居所 (營業所) (英 文) | |
| | 代表人 (中文) | |
| | 代表人 (英文) | |



| | |
|-------|-------|
| 申請日期： | IPC分類 |
| 申請案號： | |

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

| | | |
|--------------------|-----------------------|--|
| 一、 發明名稱 | 中 文 | |
| | 英 文 | |
| 二、 發明人 (共7人) | 姓 名 (中文) | 7. 高明哲 |
| | 姓 名 (英文) | 7. |
| | 國 籍 (中英文) | 7. 中華民國 TW |
| | 住居所 (中 文) | 7. 新竹縣竹東鎮中興路四段195號 |
| | 住居所 (英 文) | 7. No. 195, Sec. 4, Chung-Hsing Rd., Chu-Tung, Hsinchu, Taiwan, R. O. C. |
| 三、 申請人 (共1人) | 名稱或 姓 名 (中文) | |
| | 名稱或 姓 名 (英文) | |
| | 國 籍 (中英文) | |
| | 住居所 (營業所) (中 文) | |
| | 住居所 (營業所) (英 文) | |
| | 代表人 (中文) | |
| | 代表人 (英文) | |



四、中文發明摘要 (發明名稱：奈米碳管電晶體之製造方法)

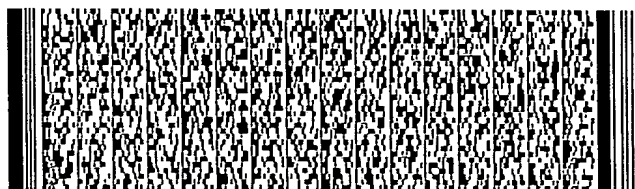
一種奈米碳管電晶體之製造方法，其步驟包括：形成一絕緣層於一基板，將含有鈷離子觸媒的溶液以旋轉塗佈 (spin-on-glass, SOG) 的方式形成一第一氧化層於絕緣層上，將未添加觸媒的溶液以旋轉塗佈 (spin-on-glass, SOG) 的方式形成一第二氧化層於第一氧化層上，以黃光及蝕刻製程在第二氧化層上形成盲孔，盲孔露出第一氧化層、第二氧化層的側壁及絕緣層，形成單層奈米碳管 (single wall carbon nanotube, SWNT) 連接被盲孔隔開的第一氧化層側壁並平行於基板方向，形成源極和汲極分別與單層奈米碳管的兩端連接。

五、(一)、本案代表圖為：第 1F 圖

(二)、本案代表圖之元件代表符號簡單說明：

- 100 基板
- 101 絕緣層
- 102 第一氧化層

六、英文發明摘要 (發明名稱：)



四、中文發明摘要 (發明名稱：奈米碳管電晶體之製造方法)

103 第二氧化層

107 奈米碳管

108a 源極

108b 汲極

六、英文發明摘要 (發明名稱：)



一、本案已向

國家(地區)申請專利

申請日期

案號

主張專利法第二十四條第一項優先權

無

二、☐主張專利法第二十五條之一第一項優先權：

申請案號：

無

日期：

三、主張本案係符合專利法第二十條第一項☐第一款但書或☐第二款但書規定之期間

日期：

四、☐有關微生物已寄存於國外：

寄存國家：

寄存機構：

寄存日期：

寄存號碼：

無

☐有關微生物已寄存於國內(本局所指定之寄存機構)：

寄存機構：

寄存日期：

寄存號碼：

無

☐熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。



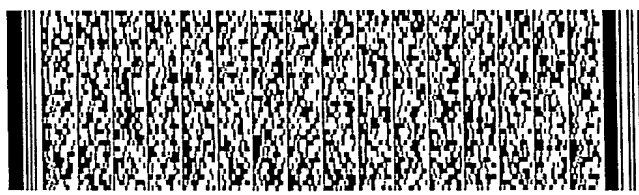
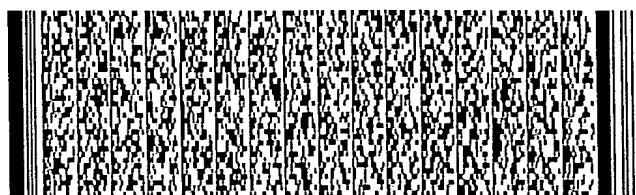
五、發明說明 (1)

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種電晶體的製造方法，特別是關於一種奈米碳管電晶體之製造方法。

【先前技術】

在積體電路 (IC) 製程微縮的趨勢下，以矽晶圓為基礎的 IC 元件製程已逐漸面臨光學與物理學上的技術瓶頸與巨額研發投資的壓力，各國研究人員均嘗試以各種奈米級分子製作各式的奈米電晶體，以便能夠在相同晶片面積內放入比傳統多出數百倍以上的電晶體數目，達到 IC 產品微縮的目的，奈米是長度單位，等於十億分之一公尺，而在各種奈米電晶體的技術研發中，以奈米碳管為基本元件架構的相關技術發展最為迅速，預期將成為下一代奈米級電腦產品發展的最佳材料之一，奈米碳管是 1991 年日本 NEC 研究員飯島澄男在研究碳簇時發現的，一種直徑 1~30 奈米的圓筒形碳材料，奈米碳管是目前自然界中所發現最細的管子，具熱傳導性、導電性，強度佳，化學性穩定，而且又柔軟，奈米碳管主要是由一層或多層的未飽和石墨層 (graphene layer) 所構成，這些小管實際為橢圓形微分子，在碳弧和雷射產生的水蒸氣高熱中形成，在奈米碳管石墨層中央部份都是六圓環，而在末端或轉折部份則有五圓環或七圓環，每一個碳原子皆為 SP² 構造，基本上奈米碳管上石墨層之構造及化學性質與碳六十相似，奈米碳管可以是半導體或導體，同時具有這兩個特性，便使得奈米碳管在電子線路的應用有特殊的地位，欲使用奈米碳管於



五、發明說明 (2)

未來電路中之必要條件便是奈米碳管能用來製作電晶體，半導體的奈米碳管可以使用在 FET (Field Effect Transistor, 場效電晶體) 中的閘極，施以電壓，就可以提升其導電性，是矽半導體的 10⁶ 倍，而操作頻率可以達到 10¹² Hz，是目前 CMOS 可達頻率的 1,000 倍，IBM 已成功地使用個別單壁或多壁奈米碳管作為場效電晶體 (FET) 之 channel 而製得奈米碳管電晶體並進行測試，單壁奈米碳管 (SWNTs)，是由單一層碳原子 (one shell) 所組成，所謂 CNT 是一種具備多重特性的巨大碳分子，有單層 CNT (SWCNT) 和多層 CNT (MWCNT) 兩種，奈米碳管製備方法大致可分為三種：第一種為電漿法 (plasma discharging)，第二種方法為雷射激發法 (laser ablation method)，第三種方法為金屬催化熱裂解法 (metal catalyzed thermal chemical vapor deposition method)，在高溫爐中 (> 700°C) 由鐵、鈷、鎳金屬顆粒熱裂解乙炔或甲烷而生成。依據第三類奈米碳管的反應方法，本發明所開發出的奈米碳管場效電晶體元件的製造方法，無須使用高污染性的鹼金屬，且製程方法簡單能與現有 IC 製程相容。

【發明內容】

本發明之主要目的為提供一種奈米碳管電晶體的製造方法以解決或減少上述習知技術之問題及困難。本發明之另一目的為提供一種奈米碳管電晶體的製造方法以簡化習知技術的製程且能配合現有之製程設備作製造，



五、發明說明 (3)

可大幅減少製造及製程研發成本。

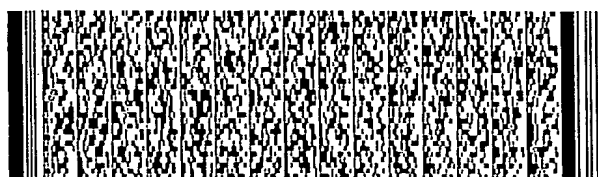
依據本發明之目的且為達到上述之優點，特以一較廣的實施例描述本發明的製造方法，其步驟包括：形成一絕緣層於一基板，將含有鈷離子觸媒的溶液以旋轉塗佈 (spin-on-glass, SOG) 的方式形成一第一氧化層於絕緣層上，將未添加觸媒的溶液以旋轉塗佈 (spin-on-glass, SOG) 的方式形成一第二氧化層於第一氧化層上，以黃光及蝕刻製程在第二氧化層上形成盲孔，盲孔露出第一氧化層、第二氧化層的側壁及絕緣層，形成單層奈米碳管 (single wall carbon nanotube, SWNT) 連接被盲孔隔開的第一氧化層側壁並平行於基板方向，形成源極和汲極分別與單層奈米碳管的兩端連接。

【實施方式】

第 1A 圖至第 1F 圖描述本發明第一實施例奈米碳管電晶體之製造流程。

如第 1A 圖所示，形成一絕緣層 101 於一基板 100 上，其絕緣層 101 可由二氧化矽 (SiO_2) 或是矽氮化合物 (Si_xN_y) 組成，並可以化學氣相沉積方法形成。

如第 1B 圖所示，形成一含有觸媒的第一氧化層 102 於絕緣層 101 上，其形成的方法包括：先準備塗佈液，將塗佈液以旋轉塗佈的方式 (SOG) 覆蓋於絕緣層 101 上，最後將絕緣層 101 上的塗佈液層 (圖未顯示) 以兩階段烘乾。其中塗佈液的組成至少包括矽氧化物 (TEOS)、無水酒精及觸媒離子溶液，其中可再添加氨水溶液 (NH_4OH +無水酒精)，觸媒



五、發明說明 (4)

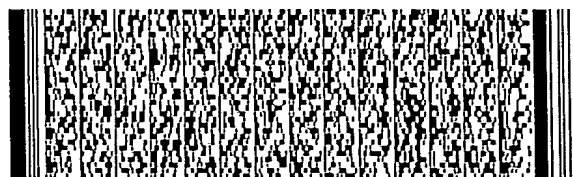
離子可為鈷離子、鎳離子、鐵離子其中一種，另外兩階段烘乾包括先在 $100\sim 120^{\circ}\text{C}$ 下烘乾 1 小時加上在 $350\sim 500^{\circ}\text{C}$ 下烘乾 1 小時。

如第 1C 圖所示，形成一不含觸媒的第二氧化層 103 於第一氧化層 102 上，其形成的方法包括先準備塗佈液，將塗佈液以旋轉塗佈的方式 (SOG) 覆蓋於第一氧化層 102 上，最後再將第一氧化層 102 上的塗佈液層 (圖未顯示) 烘乾，其中塗佈液的組成至少包括矽氧化物 (TEOS) 溶液。

如第 1D 圖所示，以光罩經曝光顯影後，以乾蝕刻或濕蝕刻的方式蝕刻出盲孔 104，此盲孔 104 露出部份絕緣層 101 及第一氧化層 102 的側壁 105 及第二氧化層 103 的側壁 106。

如第 1E 圖所示，形成一奈米碳管 107，其奈米碳管 107 的兩端分別相連於第一氧化層 102 的側壁 105，其形成的方法為以第一氧化層 102 中的酒精 ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) 中當作奈米碳管 107 的反應物，以第一氧化層 102 中的觸媒作催化劑，在 850°C 的溫度下反應形成，其不會在第二氧化層 103 的側壁 106 之間形成的原因為在於第二氧化層 103 中沒有反應物及觸媒的存在，所以可固定奈米碳管 107 位於在第一氧化層 102 的側壁 105 之間。

如第 1F 圖所示，形成源極 108a 與汲極 108b 分別與奈米碳管 107 的兩端連接，其形成方式包括以電子束 (E-beam) 微影配合剝落 (lift-off) 的方法將金屬層 (圖未顯示) 形成源極 108a 與汲極 108b。



五、發明說明 (5)

第 2A圖至第 2F圖描述本發明第二實施例奈米碳管電晶體之製造流程。

如第 2A圖所示，形成一第一絕緣層 201於一基板 200上，其第一絕緣層 201可由二氧化矽 (SiO_2)或是矽氮化合物 (Si_xN_y)組成，並可以化學氣相沉積方法形成。

如第 2B圖所示，形成源極 208a與汲極 208b於第一絕緣層 201上，其中包括以金屬濺鍍方式形成金屬層 (圖未顯示)於第一絕緣層 201上及以黃光製程與蝕刻製程形成源極 208a與汲極 208b，源極 208a與汲極 208b之間以空隙 204隔開不相連，其金屬組成可為鈦 (Ti)。

如第 2C圖所示，依序形成一含有觸媒的第一氧化層 202及一不含觸媒的第二氧化層 203於包含源極 208a與汲極 208b、第一絕緣層 201的基板 200上，第一氧化層 202形成的方法包括：先準備塗佈液，將塗佈液以旋轉塗佈的方式 (SOG)覆蓋於源極 208a與汲極 208b上及填滿空隙 204，最後將覆蓋於源極 208a與汲極 208b上及空隙 204中的塗佈液層 (圖未顯示)烘乾。其中第一氧化層 202使用的塗佈液的組成至少包括矽氧化物 (TEOS)、無水酒精及觸媒離子溶液，其中可再加氨水溶液 (NH_4OH +無水酒精)，觸媒離子可為鈷離子、鎳離子、鐵離子其中一種，第二氧化層 203形成的方法包括先準備塗佈液，將塗佈液以旋轉塗佈的方式 (SOG)覆蓋於第一氧化層 202上，最後再將第一氧化層 202上的塗佈液層 (圖未顯示)烘乾。其中塗佈液的組成至少包括矽氧化物 (TEOS)溶液。



五、發明說明 (6)

如第 2D圖所示，以光罩經曝光顯影後，以乾蝕刻或濕蝕刻的方式蝕刻出盲孔 209，此盲孔 209 露出部份第一絕緣層 201、第一氧化層 202 的側壁 205、第二氧化層 203 的側壁 206、及源極 208a 與汲極 208b 的側壁 210。

如第 2E圖所示，形成一奈米碳管 207，其奈米碳管 207 的兩端分別接於第一氧化層 202 的側壁 205，其形成的方法為以第一氧化層 202 中的酒精 (C_2H_5OH) 中當作奈米碳管 207 的反應物，以第一氧化層 202 中的觸媒作催化劑，在 $850^{\circ}C$ 的溫度下作反應形成，其不會在第二氧化層 203 的側壁 206 之間形成的原因為在第二氧化層 203 中沒有反應物及觸媒的存在，所以可固定奈米碳管 207 位於在第一氧化層 202 的側壁 205 之間。

如第 2F圖所示，形成一第二絕緣層 211 於包含盲孔 209 的第二氧化層 203 上，其方法包括以化學氣相沉積的方式，當第二絕緣層 211 填滿盲孔 209 時會將位於盲孔 209 中的奈米碳管 207 下壓，使奈米碳管 207 形成凹型而與源極 208a、汲極 208b 的側壁 210 及部份的第一絕緣層 201 接觸，因此奈米碳管 207 便可連接源極 208a、汲極 208b，第二絕緣層 211 的組成可為二氧化矽 (SiO_2) 或矽氮化合物 (Si_xO_y)。第 3A圖至第 3F圖描述本發明第三實施例奈米碳管電晶體之製造流程。

如第 3A圖所示，形成一絕緣層 301 於一基板 300 上，其絕緣層 301 可由二氧化矽 (SiO_2) 或是矽氮化合物 (Si_xN_y) 組成，並可以化學氣相沉積方法形成。



五、發明說明 (7)

如第 3B圖所示，形成源極 308a與汲極 308b於絕緣層 301上，其中包括以金屬濺鍍方式形成金屬層（圖未顯示）於絕緣層 301上及以黃光製程與蝕刻製程形成源極 308a與汲極 308b，源極 308a與汲極 308b之間以空隙 304隔開不相連，其金屬組成可為鈦 (Ti)。

如第 3C圖所示，依序形成一含有觸媒的第一氧化層 302及一不含觸媒的第二氧化層 303於包含源極 308a與汲極 308b、絕緣層 301的基板 300上，第一氧化層 302形成的方法包括：先準備塗佈液，將塗佈液以旋轉塗佈的方式 (SOG) 覆蓋於源極 308a與汲極 308b上及填滿空隙 304，最後將覆蓋於源極 308a與汲極 308b上及空隙 304中的塗佈液層（圖未顯示）烘乾。其中第一氧化層使用的塗佈液的組成至少包括矽氧化物 (TEOS)、無水酒精及觸媒離子溶液，其中可再加氨水溶液 (NH_4OH +無水酒精)，觸媒離子可為鈷離子、鎳離子、鐵離子其中一種，第二氧化層 303形成的方法包括先準備塗佈液，將塗佈液以旋轉塗佈的方式 (SOG) 覆蓋於第一氧化層 302上，最後再將第一氧化層 302上的塗佈液層（圖未顯示）烘乾。其中塗佈液的組成至少包括矽氧化物 (TEOS) 溶液。

如第 3D圖所示，以光罩經曝光顯影後，以乾蝕刻或濕蝕刻的方式蝕刻出盲孔 309，此盲孔 309露出部份絕緣層 301、第一氧化層 302的側壁 305、第二氧化層 303的側壁 306、及源極 308a與汲極 308b的一部份表面及其側壁 312，其中源極 308a與汲極 308b的側壁 312突出於第一氧化層 302



五、發明說明 (8)

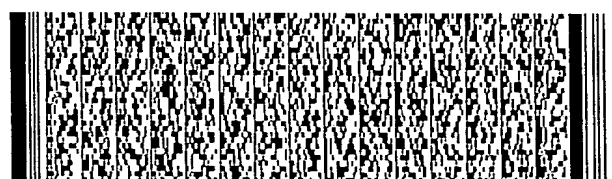
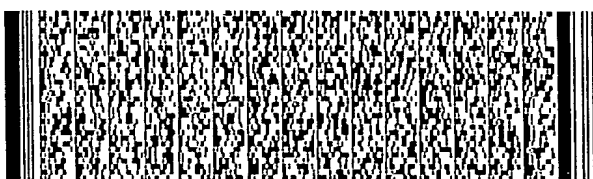
的側壁 305及第二氧化層 303的側壁 306。

如第 3E圖所示，形成一奈米碳管 307，其奈米碳管 307 的兩端分別與第一氧化層 302的側壁 305相連，且其兩端分別與源極 308a與汲極 308b的表面相連，其形成的方法為以第一氧化層 302中的酒精 (C_2H_5OH)中當作奈米碳管 307的反應物，以第一氧化層 302中的觸媒作催化劑，在 $850^{\circ}C$ 的溫度下作反應形成，其不會在第二氧化層 303的側壁 306之間形成的原因為在第二氧化層 303中沒有反應物及觸媒的存在，所以可固定奈米碳管 307位於在第一氧化層 302的側壁 305之間且其兩端能分別與源極 308a與汲極 308b的表面相連。

第 4A圖至第 4I圖描述本發明第四實施例奈米碳管電晶體之製造流程。

如第 4A圖所示，形成一第一絕緣層 401於一基板 400 上，其第一絕緣層 401可由二氧化矽 (SiO_2)或是矽氮化合物 (Si_xN_y)組成，並可以化學氣相沉積方法形成。

如第 4B圖所示，形成一含有觸媒的第一氧化層 402於第一絕緣層 401上，其形成的方法包括：先準備塗佈液，將塗佈液以旋轉塗佈的方式 (SOG)覆蓋於第一絕緣層 401上，最後將第一絕緣層 401上的塗佈液層 (圖未顯示)以兩階段烘乾。其中塗佈液的組成至少包括矽氧化物 (TEOS)、無水酒精及觸媒離子溶液，其中可再加氨水溶液 (NH_4OH +無水酒精)，觸媒離子可為鈷離子、鎳離子、鐵離子其中一種，另外兩階段烘乾包括先在 $100\sim 120^{\circ}C$ 下烘乾 1小時加上在



五、發明說明 (9)

350~500°C 下烘乾 1 小時。

如第 4C 圖所示，形成一不含觸媒的第二氧化層 403 於第一氧化層 402 上，其形成的方法包括先準備塗佈液，將塗佈液以旋轉塗佈的方式 (SOG) 覆蓋於第一氧化層 402 上，最後再將第一氧化層 402 上的塗佈液層 (圖未顯示) 烘乾。其中塗佈液的組成至少包括矽氧化物 (TEOS) 溶液。

如第 4D 圖所示，以光罩經曝光顯影後，以乾蝕刻或濕蝕刻的方式蝕刻出盲孔 404，此盲孔 404 露出部份第一絕緣層 401 及第一氧化層 402 的側壁 405 及第二氧化層 403 的側壁 406。

如第 4E 圖所示，形成一奈米碳管 407，其奈米碳管 407 的兩端分別相連於第一氧化層 402 的側壁 405，其形成的方法為以第一氧化層 402 中的酒精 (C_2H_5OH) 中當作奈米碳管 407 的反應物，以第一氧化層 402 中的觸媒作催化劑，在 850°C 的溫度下反應形成，其不會在第二氧化層 403 的側壁 406 之間形成的原因為在第二氧化層 403 中沒有反應物及觸媒的存在，所以可固定奈米碳管 407 位於在第一氧化層 402 的側壁 405 之間。

如第 4F 圖所示，形成一第二絕緣層 411 於包含盲孔 404 的第二氧化層 403 上，沉積第二絕緣層 411 於盲孔 404 中會包覆住奈米碳管 407 並將奈米碳管 407 下壓，使其與第一絕緣層 401 接觸。

如第 4G 圖所示，以黃光製程形成一光阻圖案 413 填滿盲孔 404 並覆蓋於位於盲孔的部份第二絕緣層 411 上，其光



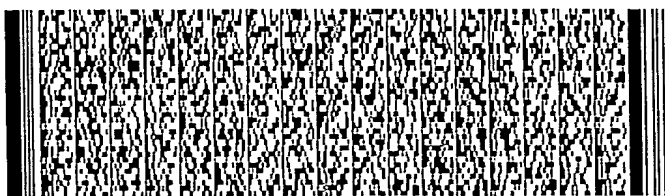
五、發明說明 (10)

阻圖案 413 覆蓋住位於該盲孔的第二絕緣層 411 的部份區域，沒有覆蓋在位於盲孔外之第二絕緣層 411 部份。

如第 4H 圖所示，其未被光阻圖案 413 覆蓋住的部份以濕蝕刻去除，其去除部份包括未被光阻圖案 413 覆蓋住的第一氧化層 402 及第二氧化層 403，在去除光阻圖案 413 後，剩下位於第一絕緣層 401 上之奈米碳管 407 及包覆奈米碳管 407 及在其上方的第二絕緣層 411 的凸出部 412，第二絕緣層凸出部 412 則露出奈米碳管 407 的兩端 407a 及 407b。

如第 4I 圖所示，形成源極 408a 與汲極 408b 分別與奈米碳管 407 的兩端 407a 及 407b 連接，其形成方式包括先沉積金屬層 (圖未顯示) 於包含第二絕緣層 414 的第一絕緣層 401 上，再以黃光及蝕刻製程使金屬層 (圖未顯示) 形成源極 408a 與汲極 408b。

所述者，僅為本發明其中的較佳實施例而已，並非用來限定本發明的實施範圍；即凡依本發明申請專利範圍所作的均等變化與修飾，皆為本發明專利範圍所涵蓋。



圖式簡單說明

第 1A圖 至 第 1F圖 為 本 發 明 第 一 實 施 例 之 截 面 圖，顯 示 其 製 造 流 程；

第 2A圖 至 第 2F圖 為 本 發 明 第 二 實 施 例 之 截 面 圖，顯 示 其 製 造 流 程；

第 3A圖 至 第 3E圖 為 本 發 明 第 三 實 施 例 之 截 面 圖，顯 示 其 製 造 流 程；及

第 4A圖 至 第 4I圖 為 本 發 明 第 四 實 施 例 之 截 面 圖，顯 示 其 製 造 流 程。

【圖式符號說明】

| | |
|------|---------------|
| 100 | 基 板 |
| 101 | 絕 緣 層 |
| 102 | 第 一 氧 化 層 |
| 103 | 第 二 氧 化 層 |
| 104 | 盲 孔 |
| 105 | 第 一 氧 化 層 側 壁 |
| 106 | 第 二 氧 化 層 側 壁 |
| 107 | 奈 米 碳 管 |
| 108a | 源 極 |
| 108b | 汲 極 |
| 200 | 基 板 |
| 201 | 第 一 絕 緣 層 |
| 202 | 第 一 氧 化 層 |
| 203 | 第 二 氧 化 層 |
| 204 | 空 隙 |



圖式簡單說明

| | |
|------|------------------|
| 205 | 第一氧化層側壁 |
| 206 | 第二氧化層側壁 |
| 207 | 奈米碳管 |
| 208a | 源極 |
| 208b | 汲極 |
| 209 | 盲孔 |
| 210 | 源極208a與汲極208b的側壁 |
| 211 | 第二絕緣層 |
| 300 | 基板 |
| 301 | 絕緣層 |
| 302 | 第一氧化層 |
| 303 | 第二氧化層 |
| 304 | 空隙 |
| 305 | 第一氧化層側壁 |
| 306 | 第二氧化層側壁 |
| 307 | 奈米碳管 |
| 308a | 源極 |
| 308b | 汲極 |
| 309 | 盲孔 |
| 312 | 源極與汲極的側壁 |
| 400 | 基板 |
| 401 | 絕緣層 |
| 402 | 第一氧化層 |
| 403 | 第二氧化層 |



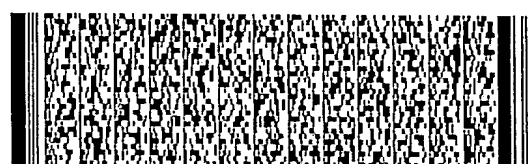
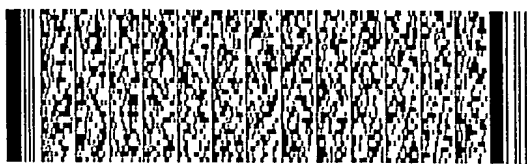
圖式簡單說明

- 404 盲孔
- 405 第一氧化層側壁
- 406 第二氧化層側壁
- 407 奈米碳管
- 407a 奈米碳管端
- 407b 奈米碳管端
- 408a 源極
- 408b 汲極
- 411 第二絕緣層
- 412 第二絕緣層突出部
- 413 光阻層圖案



六、申請專利範圍

1. 一種奈米碳管電晶體之製造方法，其步驟至少包括：
形成一絕緣層於一基板上；
以旋轉塗佈的方法形成一第一氧化層於該絕緣層上；
以旋轉塗佈的方法形成一第二氧化層於該第一氧化層上；
以曝光顯影蝕刻的方法形成一盲孔於該第二氧化層上，該盲孔露出該絕緣層、該第一氧化層及該第二氧化層之側壁；
形成一奈米碳管於該盲孔中，該奈米碳管兩端分別與該第一氧化層之相對側壁連接；及
形成一源極與一汲極於該第二氧化層上，該源極與該汲極以該盲孔隔開，並分別與該奈米碳管的兩端連接。
2. 如專利範圍第1項所述之奈米碳管電晶體之製造方法，其中該絕緣層係由二氧化矽(SiO_2)或矽氮化物(Si_xN_y)組成。
3. 如專利範圍第1項所述之奈米碳管電晶體之製造方法，其中該絕緣層係由化學氣相沉積法形成。
4. 如專利範圍第1項所述之奈米碳管電晶體之製造方法，其中該第一氧化層之形成方法至少包括：準備第一氧化層塗佈液，將該第一氧化層塗佈液以旋轉塗佈的方式(SOG)覆蓋於該基板上，接著進行烘乾。
5. 如專利範圍第4項所述之奈米碳管電晶體之製造方法，其中該第一氧化層塗佈液的組成至少包括矽氧化合物(TEOS)、無水酒精及觸媒離子溶液。



六、申請專利範圍

6. 如專利範圍第 5 項所述之奈米碳管電晶體之製造方法，其中該觸媒離子係可選自鐵離子、鈷離子及鎳離子群組中其中一種。
7. 如專利範圍第 5 項所述之奈米碳管電晶體之製造方法，其中更可包括氨水溶液。
8. 如專利範圍第 1 項所述之奈米碳管電晶體之製造方法，其中該第二氧化層之形成方法至少包括：準備第二氧化層塗佈液，將該第二氧化層塗佈液以旋轉塗佈的方式 (SOG) 覆蓋於該第一氧化層上，接著進行烘乾。
9. 如專利範圍第 8 項所述之奈米碳管電晶體之製造方法，其中該第二氧化層塗佈液的組成至少包括矽氧化合物 (TEOS)。
10. 如專利範圍第 1 項所述之奈米碳管電晶體之製造方法，其中該奈米碳管之形成方法至少包括：以該第一氧化層的酒精作為反應物，該第一氧化層的觸媒離子作為催化劑在 850°C 下反應形成。
11. 一種奈米碳管電晶體之製造方法，其步驟至少包括：
形成一第一絕緣層於一基板上；
形成一源極與一汲極於該第一絕緣層上，該源極與該汲極以空隙隔開；
以旋轉塗佈的方法形成一第一氧化層於包含空隙之該源極與該汲極上；
以旋轉塗佈的方法形成一第二氧化層於該第一氧化層上；



六、申請專利範圍

以曝光顯影蝕刻的方法形成一盲孔於該第二氧化層上，該盲孔露出該第一絕緣層、該源極及該汲極的側壁、該第一氧化層及該第二氧化層的側壁；形成一奈米碳管於該盲孔中，該奈米碳管兩端分別與該第一氧化層之相對側壁連接；及形成一第二絕緣層於包含該盲孔之第二氧化層上。

12. 如專利範圍第11項所述之奈米碳管電晶體之製造方法，其中更包括該第二絕緣層將該奈米碳管下壓，使其兩端分別與該源極及該汲極接觸。
13. 如專利範圍第11項所述之奈米碳管電晶體之製造方法，其中該第一氧化層之形成方法至少包括：準備第一氧化層塗佈液，將該第一氧化層塗佈液以旋轉塗佈的方式(SOG)覆蓋於該基板上，接著進行烘乾。
14. 如專利範圍第13項所述之奈米碳管電晶體之製造方法，其中該第一氧化層塗佈液的組成至少包括，矽氧化合物(TEOS)、無水酒精及觸媒離子溶液。
15. 如專利範圍第14項所述之奈米碳管電晶體之製造方法，其中該觸媒離子係可選自鐵離子、鈷離子及鎳離子群組中其中一種。
16. 如專利範圍第11項所述之奈米碳管電晶體之製造方法，其中該奈米碳管之形成方法至少包括：以該第一氧化層的酒精作為反應物，該第一氧化層的觸媒離子作為催化劑在850℃下反應形成。
17. 一種奈米碳管電晶體之製造方法，其步驟至少包括：



六、申請專利範圍

形成一絕緣層於一基板；

形成一源極與一汲極於該絕緣層上，該源極與該汲極以空隙隔開；

以旋轉塗佈的方法形成一第一氧化層於包含空隙之該源極與該汲極上；

以旋轉塗佈的方法形成一第二氧化層於該第一氧化層上；

以曝光顯影蝕刻的方法形成一盲孔於第二氧化層上，該盲孔露出該絕緣層、該源極與該汲極的側壁、第一氧化層及該第二氧化層的側壁，且該源極與該汲極的側壁突出於該第一氧化層及該第二氧化層之側壁；及

形成一奈米碳管於該盲孔中，該奈米碳管連接被該盲孔隔開之該第一氧化層之相對側壁且該奈米碳管兩端分別與該源極及該汲極之表面相連。

18.如專利範圍第17項所述之奈米碳管電晶體之製造方法，其中該第一氧化層之形成方法至少包括：準備第一氧化層塗佈液，將該第一氧化層塗佈液以旋轉塗佈的方式(SOG)覆蓋於該基板上，接著進行烘乾。

19.如專利範圍第18項所述之奈米碳管電晶體之製造方法，其中該第一氧化層塗佈液的組成至少包括，矽氧化合物(TEOS)、無水酒精及觸媒離子溶液。

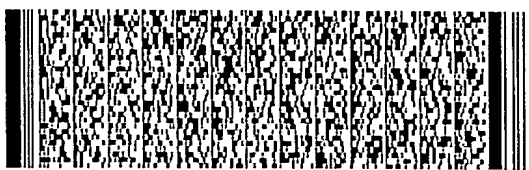
20.如專利範圍第19項所述之奈米碳管電晶體之製造方法，其中該觸媒離子係可選自鐵離子、鈷離子及鎳離



六、申請專利範圍

子群組中其中一種。

21. 如專利範圍第 17 項所述之奈米碳管電晶體之製造方法，其中該奈米碳管之形成方法至少包括：以該第一氧化層的酒精作為反應物，該第一氧化層的觸媒離子作為催化劑在 850°C 下反應形成。
22. 一種奈米碳管電晶體之製造方法，其步驟至少包括：
- 形成一第一絕緣層於一基板上；
 - 以旋轉塗佈的方法形成一第一氧化層於該絕緣層上；
 - 以旋轉塗佈的方法形成一第二氧化層於該第一氧化層上；
 - 以曝光顯影蝕刻的方法形成一盲孔於第二氧化層上，該盲孔露出該第一絕緣層及該第一氧化層與該第二氧化層之側壁；
 - 形成一奈米碳管於該盲孔中，該奈米碳管兩端分別與該第一氧化層之相對側壁連接；
 - 形成一第二絕緣層於包含該盲孔之該第二氧化層上，該第二絕緣層包覆住該奈米碳管；
 - 以曝光顯影的方法形成一光阻圖案於該盲孔位置，其範圍包括該盲孔位置之該第二絕緣層部份區域；
 - 以蝕刻方法去除其未被該光阻圖案覆蓋之區域以形成一第二絕緣層突出部，且使該奈米碳管露出於該第二絕緣層突出部；及
 - 形成一源極與一汲極於該第一氧化層上，該源極與該汲極以該第二絕緣層突出部隔開，並分別與露出該

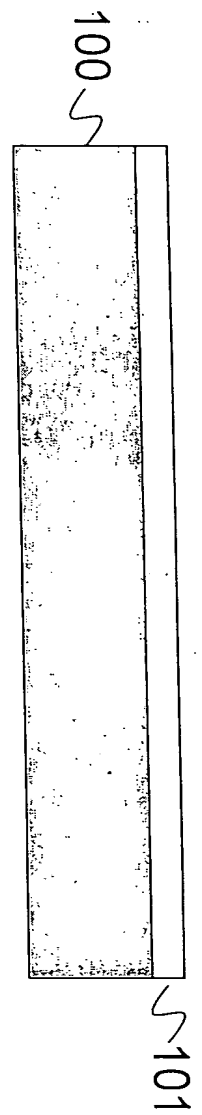


六、申請專利範圍

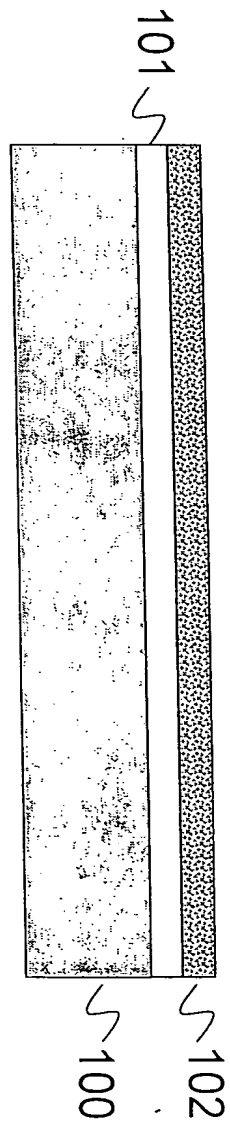
第二絕緣層突出部之奈米碳管連接。

- 23.如專利範圍第22項所述之奈米碳管電晶體之製造方法，其中該第一氧化層之形成方法至少包括：準備第一氧化層塗佈液，將該第一氧化層塗佈液以旋轉塗佈的方式(SOG)覆蓋於該基板上，接著進行烘乾。
- 24.如專利範圍第23項所述之奈米碳管電晶體之製造方法，其中該第一氧化層塗佈液的組成至少包括，矽氧化合物(TEOS)、無水酒精及觸媒離子溶液。
- 25.如專利範圍第24項所述之奈米碳管電晶體之製造方法，其中該觸媒離子係可選自鐵離子、鈷離子及鎳離子群組中其中一種。
- 26.如專利範圍第22項所述之奈米碳管電晶體之製造方法，其中該奈米碳管之形成方法至少包括：以該第一氧化層的酒精作為反應物，該第一氧化層的觸媒離子作為催化劑在850°C下反應形成。

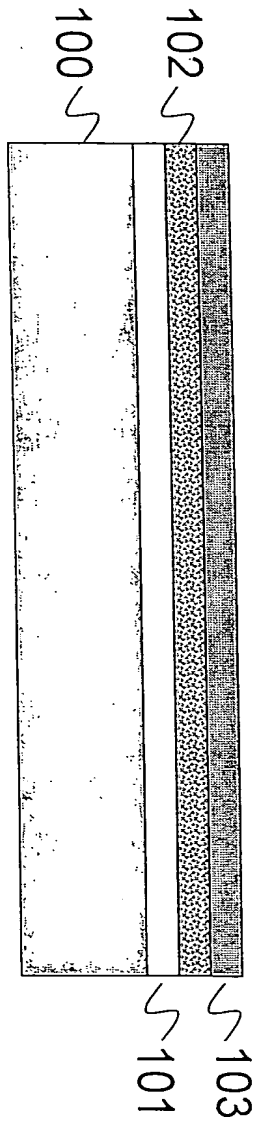




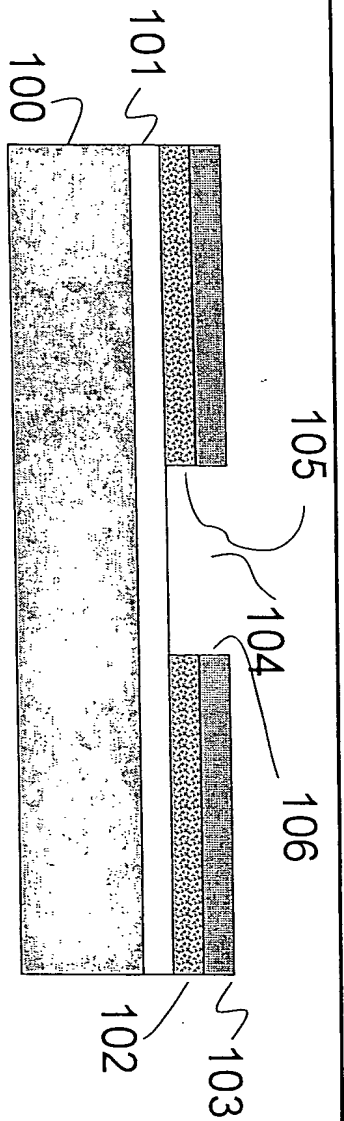
第1A圖



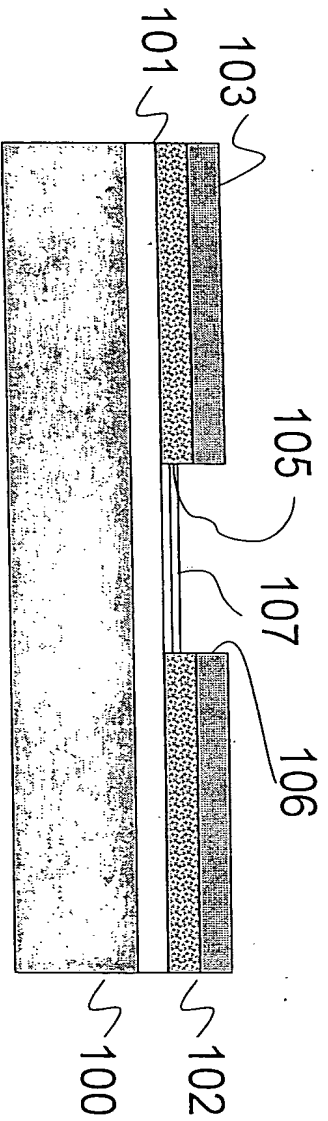
第1B圖



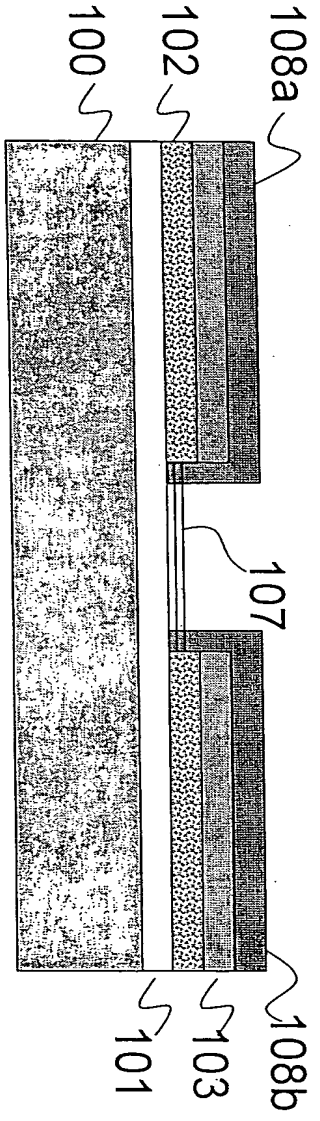
第1C圖



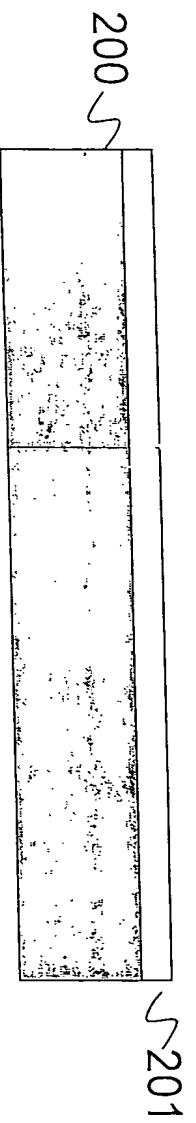
第1D圖



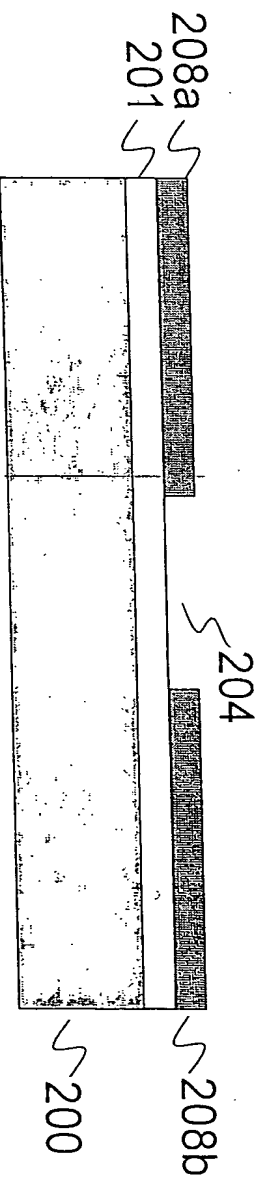
第1E圖



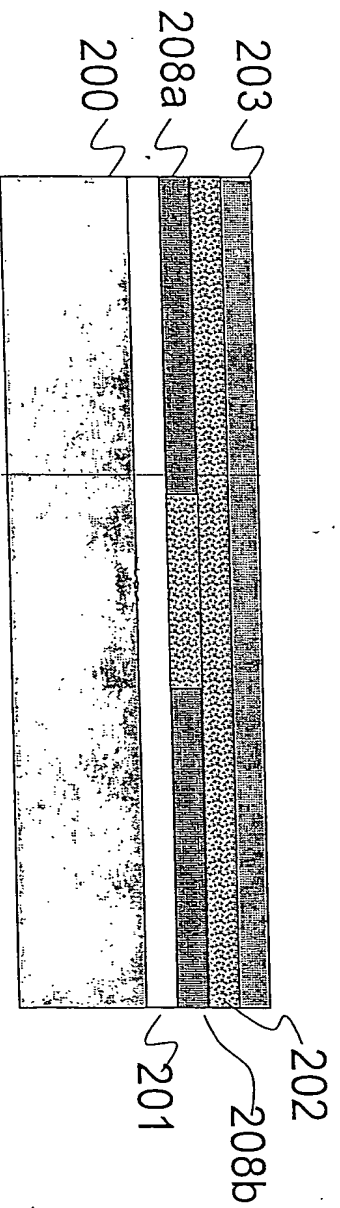
第1F圖



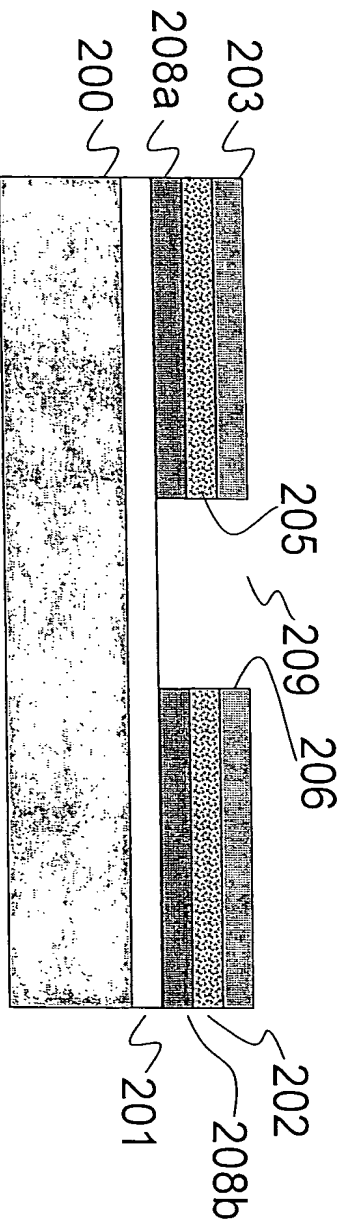
第2A圖



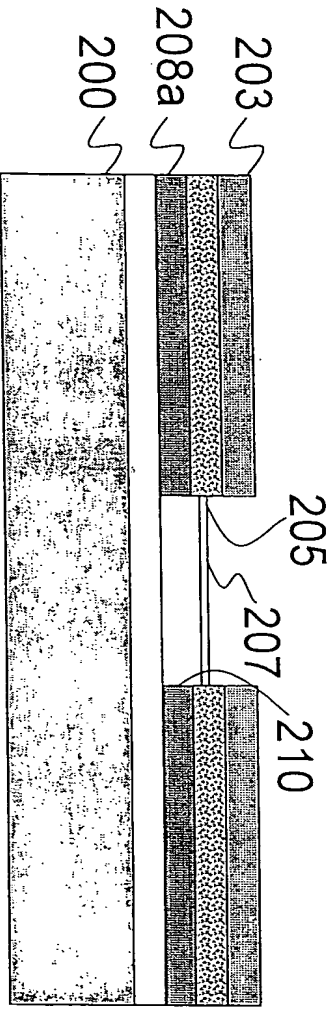
第2B圖



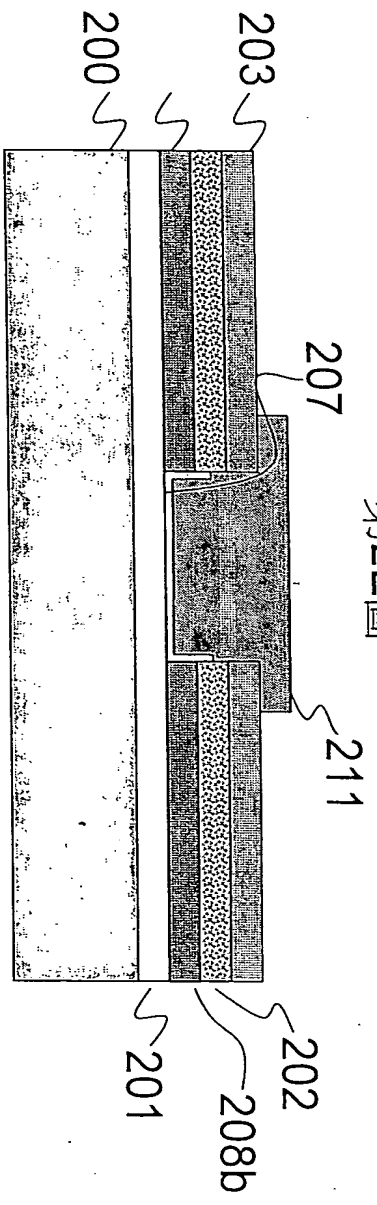
第2C圖



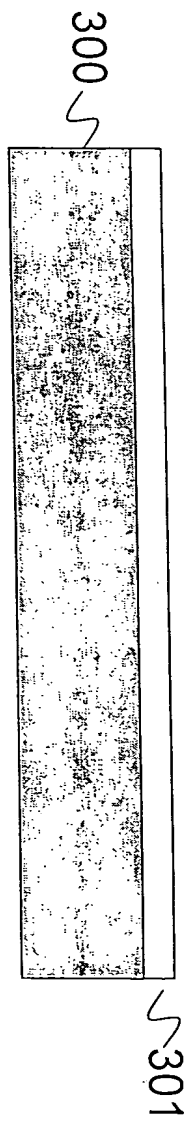
第2D圖



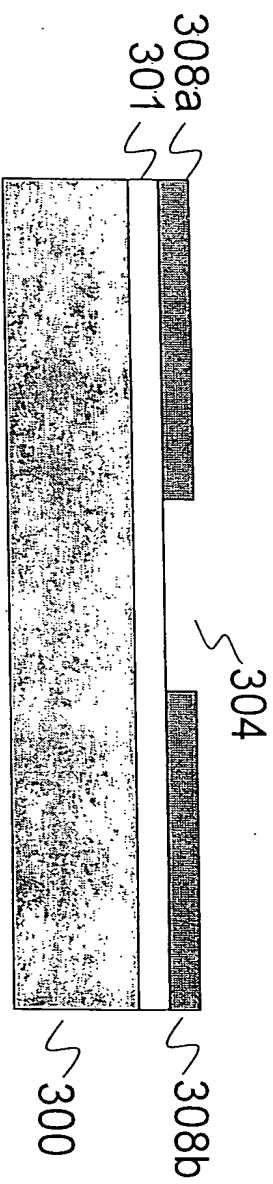
第2E圖



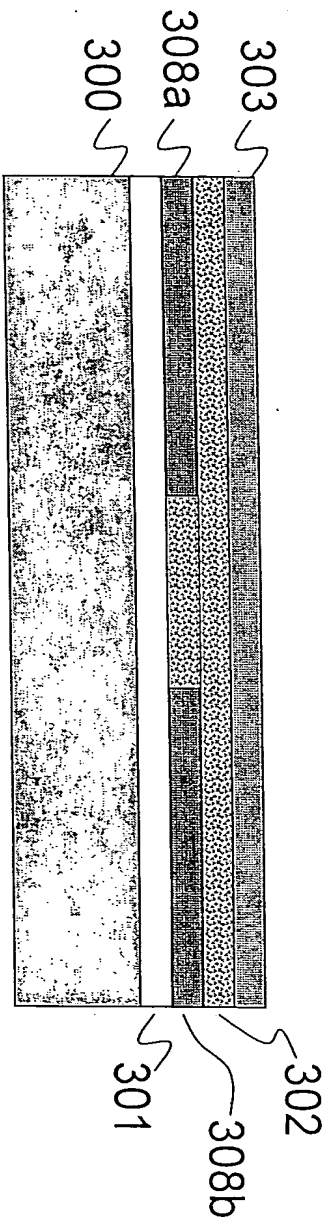
第2F圖



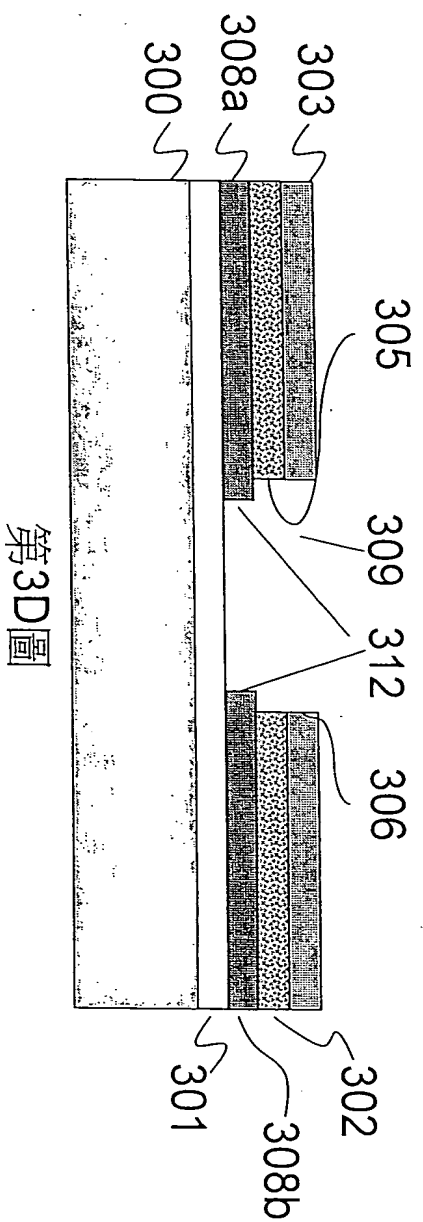
第3A圖



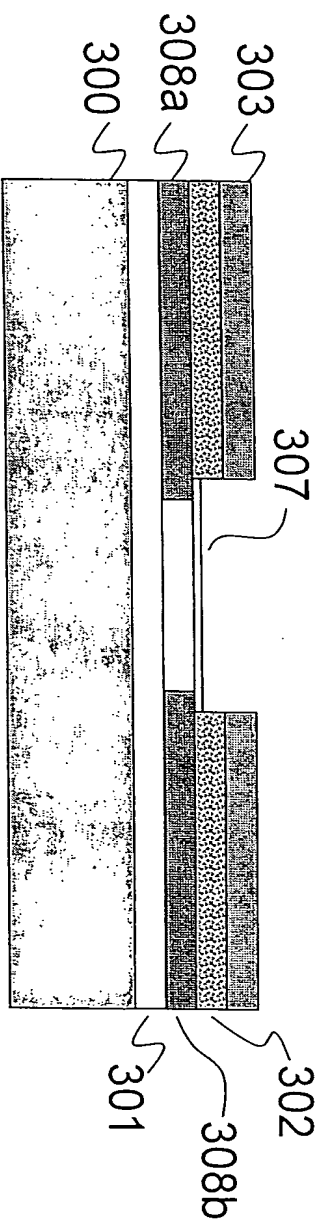
第3B圖



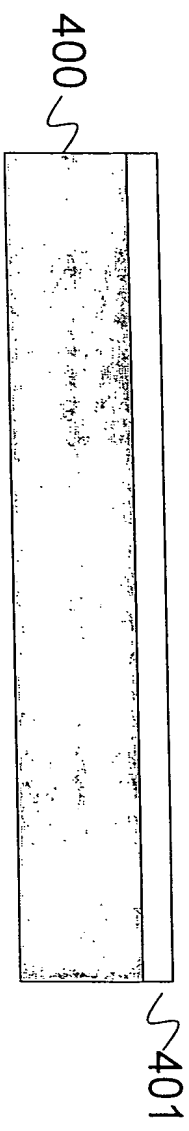
第3C圖



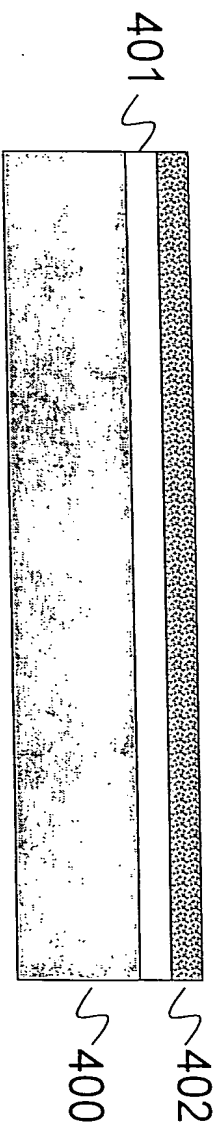
第3D圖



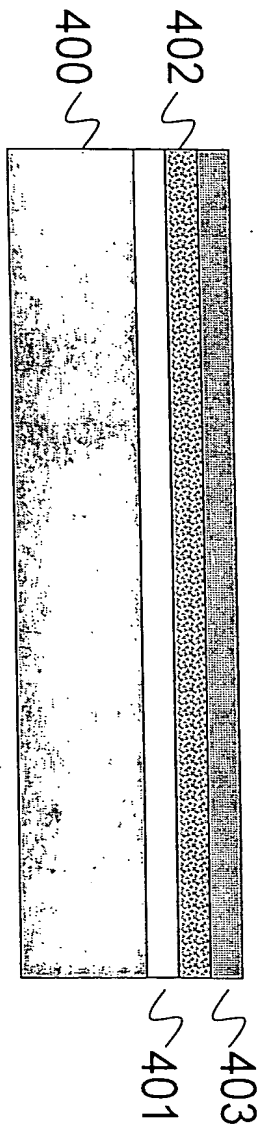
第3E圖



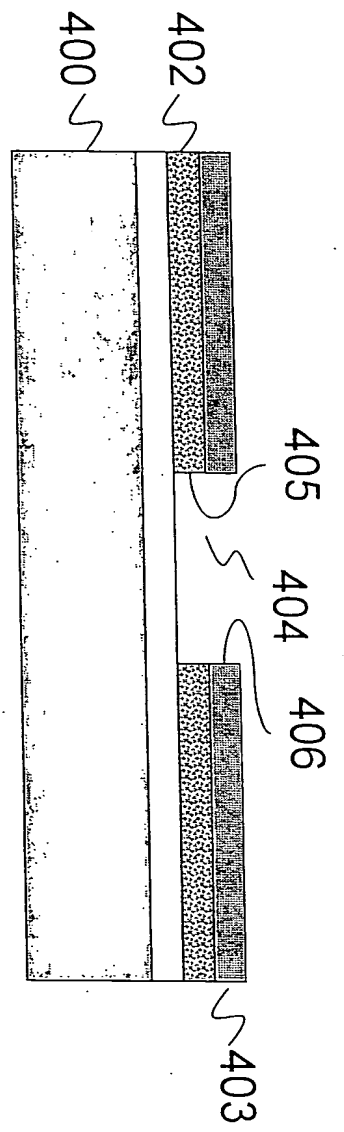
第4A圖



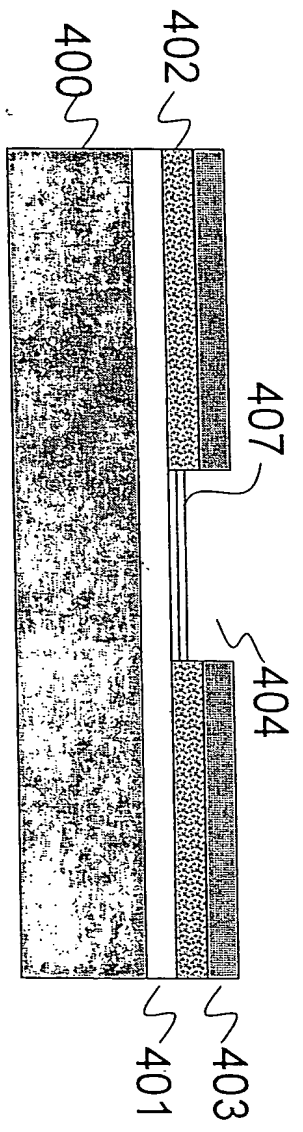
第4B圖



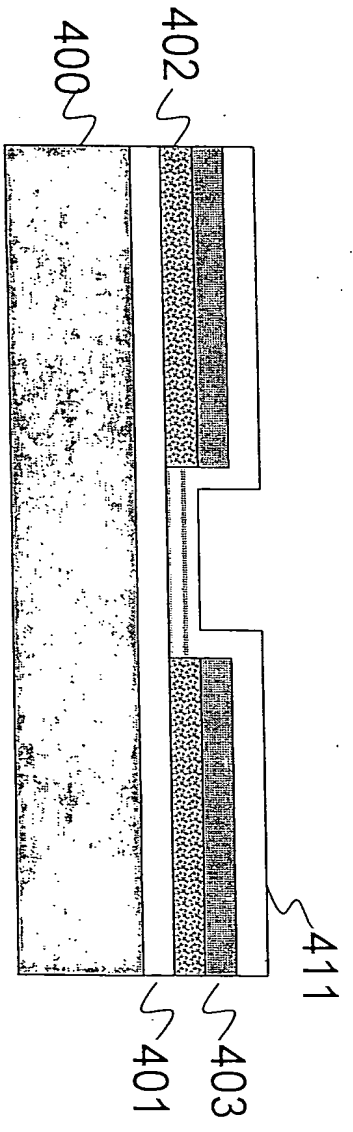
第4C圖



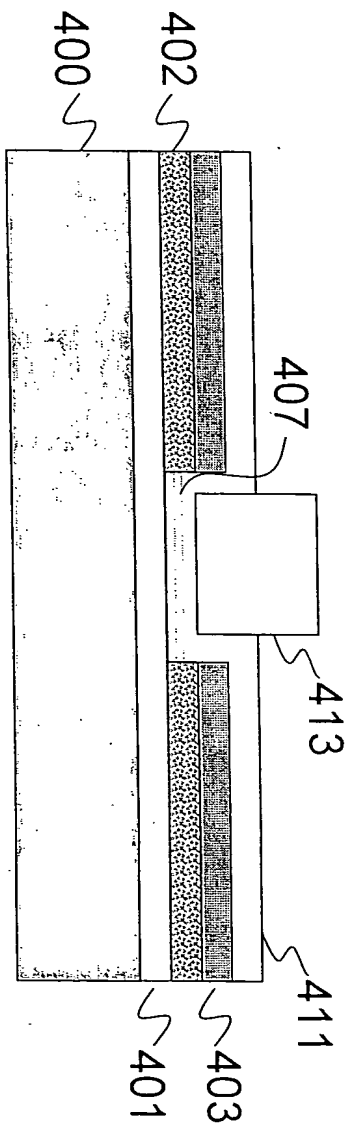
第4D圖



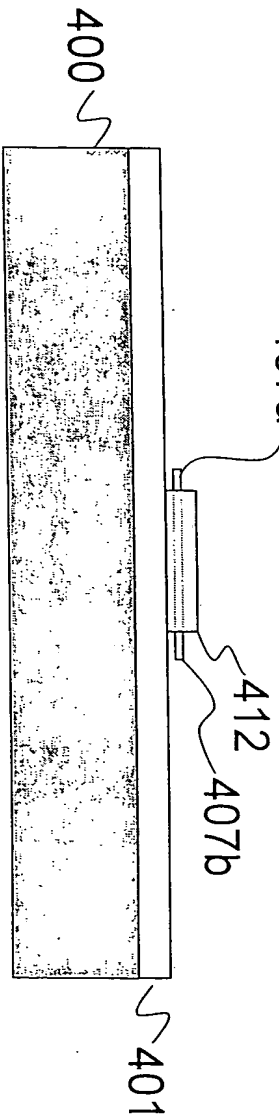
第4E圖



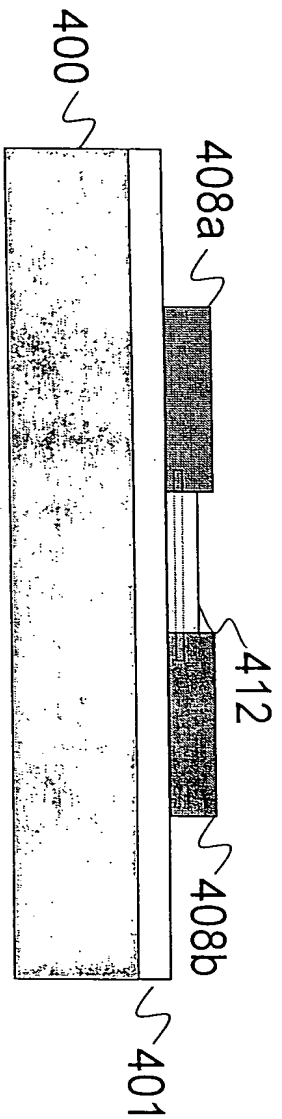
第4F圖



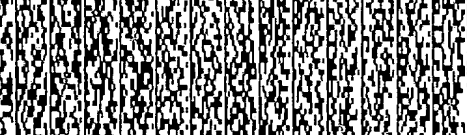





第4G圖



第4H圖



第4I圖





A large, dense, black and white abstract pattern, possibly a high-resolution scan of a textured surface or a complex digital artifact. The pattern consists of numerous small, irregular black shapes and lines scattered across a white background, creating a noisy, textured appearance. The overall effect is reminiscent of a high-contrast, grainy image or a complex digital noise pattern.






100

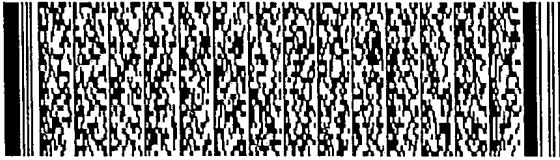
1
 2
 3
 4
 5
 6
 7
 8
 9
 10
 11
 12
 13
 14
 15
 16
 17
 18
 19
 20
 21
 22
 23
 24
 25
 26
 27
 28
 29
 30
 31
 32
 33
 34
 35
 36
 37
 38
 39
 40
 41
 42
 43
 44
 45
 46
 47
 48
 49
 50
 51
 52
 53
 54
 55
 56
 57
 58
 59
 60
 61
 62
 63
 64
 65
 66
 67
 68
 69
 70
 71
 72
 73
 74
 75
 76
 77
 78
 79
 80
 81
 82
 83
 84
 85
 86
 87
 88
 89
 90
 91
 92
 93
 94
 95
 96
 97
 98
 99
 100
 101
 102
 103
 104
 105
 106
 107
 108
 109
 110
 111
 112
 113
 114
 115
 116
 117
 118
 119
 120
 121
 122
 123
 124
 125
 126
 127
 128
 129
 130
 131
 132
 133
 134
 135
 136
 137
 138
 139
 140
 141
 142
 143
 144
 145
 146
 147
 148
 149
 150
 151
 152
 153
 154
 155
 156
 157
 158
 159
 160
 161
 162
 163
 164
 165
 166
 167
 168
 169
 170
 171
 172
 173
 174
 175
 176
 177
 178
 179
 180
 181
 182
 183
 184
 185
 186
 187
 188
 189
 190
 191
 192
 193
 194
 195
 196
 197
 198
 199
 200
 201
 202
 203
 204
 205
 206
 207
 208
 209
 210
 211
 212
 213
 214
 215
 216
 217
 218
 219
 220
 221
 222
 223
 224
 225
 226
 227
 228
 229
 230
 231
 232
 233
 234
 235
 236
 237
 238
 239
 240
 241
 242
 243
 244
 245
 246
 247
 248
 249
 250
 251
 252
 253
 254
 255
 256
 257
 258
 259
 260
 261
 262
 263
 264
 265
 266
 267
 268
 269
 270
 271
 272
 273
 274
 275
 276
 277
 278
 279
 280
 281
 282
 283
 284
 285
 286
 287
 288
 289
 290
 291
 292
 293
 294
 295
 296
 297
 298
 299
 300
 301
 302
 303
 304
 305
 306
 307
 308
 309
 310
 311
 312
 313
 314
 315
 316
 317
 318
 319
 320
 321
 322
 323
 324
 325
 326
 327
 328
 329
 330
 331
 332
 333
 334
 335
 336
 337
 338
 339
 340
 341
 342
 343
 344
 345
 346
 347
 348
 349
 350
 351
 352
 353
 354
 355
 356
 357
 358
 359
 360
 361
 362
 363
 364
 365
 366
 367
 368
 369
 370
 371
 372
 373
 374
 375
 376
 377
 378
 379
 380
 381
 382
 383
 384
 385
 386
 387
 388
 389
 390
 391
 392
 393
 394
 395
 396
 397
 398
 399
 400
 401
 402
 403
 404
 405
 406
 407
 408
 409
 410
 411
 412
 413
 414
 415
 416
 417
 418
 419
 420
 421
 422
 423
 424
 425
 426
 427
 428
 429
 430
 431
 432
 433
 434
 435
 436
 437
 438
 439
 440
 441
 442
 443
 444
 445
 446
 447
 448
 449
 450
 451
 452
 453
 454
 455
 456
 457
 458
 459
 460
 461
 462
 463
 464
 465
 466
 467
 468
 469
 470
 471
 472
 473
 474
 475
 476
 477
 478
 479
 480
 481
 482
 483
 484
 485
 486
 487
 488
 489
 490
 491
 492
 493
 494
 495
 496
 497
 498
 499
 500
 501
 502
 503
 504
 505
 506
 507
 508
 509
 510
 511
 512
 513
 514
 515
 516
 517
 518
 519
 520
 521
 522
 523
 524
 525

[illegible]

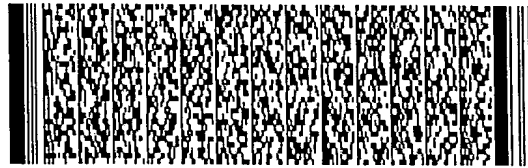
100



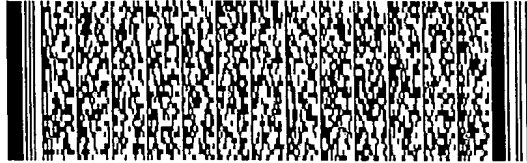
第 22/25 頁



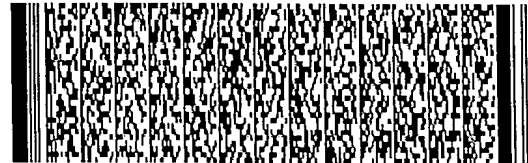
第 23/25 頁



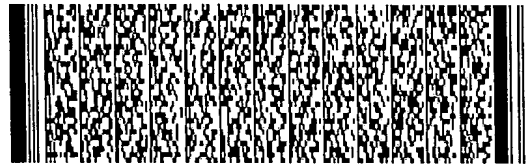
第 23/25 頁



第 24/25 頁



第 24/25 頁



第 25/25 頁

